



RANCANG BANGUN alat sterilisasi non thermal metode PULSA ULTRAVIOLET UNTUK karkas ayam

Wahyu Suryaningsih^{#1}, Supriono^{#2}, Budi Hariono^{#3}

^{#1}PS. Teknologi Industri Pangan-Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember
Jl. Mastrip PO. Box 164 Jember

wahyu.suryaningsih@yahoo.com

^{*}PS. Keteknikan Pertanian-Jurusan teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember Kota

Abstract

Penelitian ini bertujuan membuat prototipe instalasi pulsa cahaya ultra violet dengan desain ruang, lampu, sistem pengendalian suhu dan kelembaban udara sesuai dengan *lethal dose Salmonella sp.* dan uji fungsional serta struktural. Metode yang digunakan adalah rancangbangun instalasi teknologi pulsa cahaya ultraviolet (UV) dan uji coba penggunaan sinar UV untuk mendapatkan pengaruh penghambatan atau membunuh bakteri *Salmonella Sp* dalam kultur cair dan pada karkas ayam dengan tiga kali ulangan. Alat instalasi teknologi pulsa cahaya ultraviolet (UV) untuk karkas ayam mempunyai spesifikasi dimensi bentuk panjang 860 mm, lebar, 750 mm dan tinggi 1280 mm, 2 buah reflektor panjang 30 cm, lebar 70 cm, dengan luasan 4200 cm², 4 buah lampu UV C tipe TUV25 W-4P-SE, dengan intensitas 66 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ per meter dan kapasitas daya sterilisasi sisten UV C adalah 5,744 Watt dan kapasitas ruang sterilisasi 3 ekor karkas ayam dengan berat sekitar 7,5 kg. Alat instalasi teknologi pulsa cahaya ultraviolet (UV) untuk karkas ayam mampu menurunkan laju pertumbuhan bakteri *salmonella, sp* sebesar $\mu = 0,086 \log \text{CFU}$ per jam, menurunkan jumlah bakteri *Salmonella, Sp* dalam kultur cair 1 log cycle dan karkas ayam sebesar 2 log cycle.

Keywords— Bakteri *salmonella, sp* ; Karkas ayam; sterilisasi non thermal, Ultra Violet

BAB I. Pendahuluan

Bakteri *Salmonella* merupakan bakteri utama yang mengkontaminasi produk unggas. Pengurangan cemaran *Salmonella* karkas unggas dengan dengan larutan klorin (WHO, 1998; Keener *et al.*, 2004; Hecer *et al.*, 2007). Pencemaran mikroba karkas ayam dapat dikurangi dengan larutan klorin 20-50 ppm (Shane, 1992; James *et al.*, (1992). Namun kurang efektif, karena sifat antimikroba berkurang pada suhu tinggi dan bahan organik, meninggalkan residu (Ngadi *et al.*, 2004) dan menyebabkan perubahan warna (Siragusa, 1995).

Teknologi pulsa cahaya UV merupakan metode alternatif karena memiliki keuntungan, seperti efektif menginaktivasi mikroba patogen, waktu proses singkat, sifat penetrasi tinggi (Xenon, 2008;. Om-Oliu *et al.*, 2008), serta mencegah replikasi DNA mikroba (Miller *et al.*, 1999;. Rupp, 2006; Xenon, 2008). Kebanyakan aplikasi UV digunakan untuk bahan cair yang transparan, sedangkan instalasi UV untuk bahan padatan seperti karkas ayam belum dilakukan. Pembuatan instalasi UV untuk karkas ayam diharapkan mampu menurunkan cemaran bakteri *salmonella, sp*

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Karkas Ayam

Menurut BSN (1995), karkas ayam sesuai SNI 01-3924-1995 adalah bagian ayam hidup setelah dipotong, dibului, dikeluarkan jeroan dan lemak abdominalnya, kepala dan leher serta kedua kakinya telah dipotong.

B. Sumber Utama Pencemaran Karkas

Mikroba yang mencemari karkas ayam berupa mikroba pembusuk serta mikroba patogen. Mikroba pembusuk menurunkan mutu dan kelayakan karkas serta berpengaruh terhadap nilai ekonomis seperti *Pseudomonas*, sedangkan mikroba patogen dapat menyebabkan *foodborne disease*, diantaranya yaitu *Salmonella*, *Echerichia coli*, *Campylobacter jejuni*, *Listeria Monocytogenes*, *Clostridium perfringens* dan *Staphylococcus aureus* (ICMSF 2005) seperti terlihat pada Tabel 1.



Tabel 1. Tabulasi Mikroba Patogen Pada Karkas

Letak/bagian tubuh karkas	Jenis mikroba	Tingkat cemaran	Referensi
Kulit ayam broiler	<i>Salmonella</i>	$1,4 \times 10^3$ cfu/100 g kulit	Notermans <i>et al.</i> , (1975), CMSF(2005)
Kulit perikloaka	<i>Campylobacter jejuni</i>	10^3 - 10^6 cfu/g	ICMSF (2005)
Permukaan kulit karkas	<i>Clostridium perfringens</i>	Jumlah sedikit	ICMSF (2005)

C. Ultraviolet C

Cahaya ultraviolet C banyak digunakan secara komersial untuk disinfektan partikel penyaring udara dan dekontaminasi permukaan setelah pembersihan. Cahaya UV-C memiliki sifat kedalaman penetrasi yang rendah sehingga cocok digunakan pada permukaan. Penggunaan UV diijinkan di beberapa negara untuk aplikasi pada produk makanan, tetapi dapat dengan mudah menyebabkan perubahan warna dan *off flavor* (cita rasa yang menyimpang) jika penggunaan dosis dan lama perlakuan yang tidak tepat (Koutchma *et al.* 2009).

D. Estimasi Dosis UV

Dosis UV adalah hasil perkalian intensitas dengan waktu kontak (mJ/cm^2). Dosis UV-C yang umum digunakan untuk menginaktivasi mikroba tertera pada Tabel 2

Tabel 2. Aplikasi dosis UV-C (mJ/cm^2) pada Berbagai Mikroba

Jenis mikroba	D_{10} UV Dosis (mJ/cm^2)
<i>Enteral bacteria</i>	2-8
<i>Cocci dan micrococci</i>	1.5 – 20
<i>Spora</i>	4 – 30
<i>Virus</i>	5 – 30
<i>Ragi</i>	2.3 – 8
<i>Fungi</i>	30 – 300
<i>Protozoa</i>	60 -120
<i>Alga</i>	300 – 600

Sumber : (Koutchma *et al.* 2009)

Sumber : Victor *et al.* (2011)

BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Membuat prototipe instalasi Pulsa Cahaya UV dengan desain ruang dan lampu sesuai dengan *lethal dose Salmonella sp*

B. Manfaat Penelitian

Menghasilkan prototipe instalasi Teknologi Pulsa Cahaya UV yang bisa diterapkan ditingkat pemotongan ayam tradisional dan digunakan sebagai informasi dasar penggunaan model kinetika bakteri *salmonella, sp* dengan sterilisasi UV pada karkas ayam untuk membunuh bakteri *salmonella, sp*.

BAB IV. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di Laboratorium Alat Mesin Pertanian (ALSINTAN), Bengkel Pak Gatot Jember dan Laboratorium Biosain Politeknik Negeri Jember. Penelitian dilakukan 10 bulan, mulai tanggal 1 Februari 2015 sampai 30 Nopember 2015

B. Bahan dan Alat**1. Bahan**

Bahan yang digunakan membuat rancangbangun instalasi UV untuk dekontaminasi karkas ayam adalah : rel, motor penggeser karkas, speed kontroler, penggantung karkas, besi siku 50x50x5 mm, dinding reflector terbuat dari stainless steel ST 304, casing dan lampu UV tipe C. Bahan yang digunakan untuk menghitung prototipe alat adalah karkas ayam, bakteri *Salmonella Sp* dibeli di Universitas Erlangga, alkohol 70%, etanol 95 %, aquades dan *Salmonella dan Shigella Agar* (SSA).

2. Alat

Pemotong besi, las, gergaji, gunting besi, bangku dan peralatan bengkel untuk membuat alat sterilisasi UV. Peralatan untuk uji coba adalah Erlenmeyer, cawan petri, gelas ukur, pipet, mikropipet, inkubator, autoclave, timbangan analitik, vortex, masker, sarung tangan, bunsen, botol semprot dan korek api.

C. Metodologi Penelitian

Metode penelitian dengan membuat rancangbangun instalasi teknologi pulsa cahaya ultraviolet (UV) dan menguji alat tersebut untuk mendapatkan pengaruh penghambatan atau membunuh *Salmonella Sp* pada karkas ayam dengan tiga kali ulangan

Pengujian kemampuan alat dalam membunuh bakteri *salmonella, sp* dilakukan dengan pembuatan kurva pertumbuhan bakteri *salmonella, sp* yang dipapar selama 30 menit dengan 3 kali ulangan.

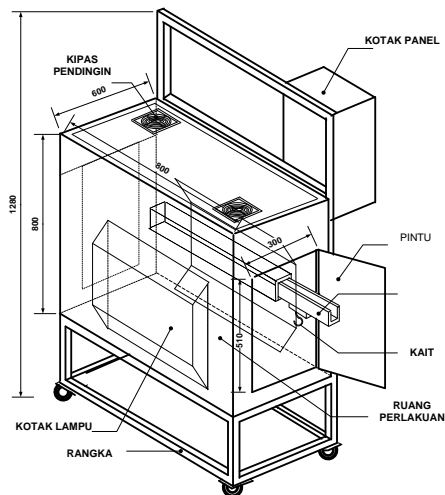
D. Pengamatan Penelitian

1. Perhitungan Kapasitas alat sterilisasi non thermal metode UV
2. Pembuatan kurva pertumbuhan bakteri *salmonella, sp* yang dipapar selama 30 menit dengan 3 kali ulangan.

BAB V. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

A. Profil Alat Sterilisasi Karkas Ayam Sistem Sinar Ultra Violet

Alat instalasi teknologi pulsa cahaya ultraviolet (UV) untuk karkas ayam berbentuk kotak, dengan dinding rapat kedap cahaya dan dibuat sistem portable untuk mobilitas. Dimensi alat berukuran panjang 860 mm, lebar 750 mm dan tinggi 1280 mm, seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Disain Profil Alat Sterilisasi Karkas Ayam Sistem UV

Alat instalasi teknologi pulsa cahaya ultraviolet (UV) untuk karkas ayam terdiri atas bagian utama, yaitu kotak sterilisasi, kotak lampu Ultraviolet (UV), Batang penggantung kait berjumlah 1, kotak panel (MCB dan pengatur waktu) dan rangka.

1. Kotak Sterilisasi

Kotak sterilisasi dengan dimensi panjang 800 mm, lebar 500 mm dan tinggi 600 mm. Semua sisi kotak dibuat tertutup rapat, kecuali kedua sisi dibagian sebelah kanan dan kiri dipasang pintu untuk keluar masuk bahan. Kedua pintu berukuran tinggi 510 mm dan lebar 300 mm. Sisi kotak bagian atas dipasang 2 buah kipas penyedot (*exhaust fan*) kapasitas 10 watt yang diletakkan berseberangan secara diagonal untuk mendinginkan suhu ruangan. Dinding penutup dan daun pintu terbuat dari bahan plat stainless steel mengkilap SS104 setebal 3 mm yang dapat memantulkan cahaya dengan baik, sehingga cahaya dari lampu ultra violet (UV) dapat dimanfaatkan secara optimum dan tidak memapar keluar.

Kotak sterilisasi bagian dalam terdapat ruang perlakuan (*treatment chamber*) yaitu ruang tempat produk yang berupa karkas ayam yang digantung dan dipapar sinar UV dari ke dua sisi yang terletak di bagian tengah memanjang. Ruangan bagian dalam dilengkapi batang penggantung kait dibagian atas memanjang ruangan

seperti reel yang dapat digeser menggunakan bahan stainless steel. Karkas ayam yang akan disterilisasi dikaitkan pada kait (*hook*) yang terpasang pada penggantung tersebut. Batang penggantung kait tersebut dapat digeser keluar untuk memudahkan proses pemasukan dan pengeluaran karkas ayam dari ruang sterilisasi.

2. Kotak Lampu

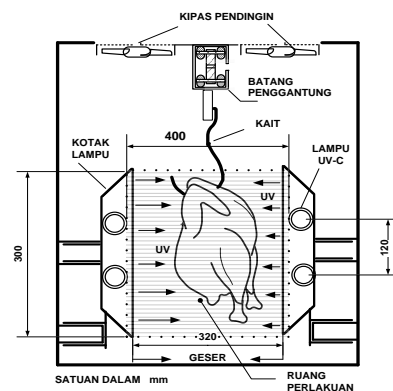
Kotak lampu UV dipasang sebelah muka dan belakang ruang perlakuan secara horizontal sebagai sumber cahaya UV. Masing-masing kotak lampu dipasang dua buah lampu TL UV - C secara sejajar dengan jarak 12 cm. Kotak lampu dilengkapi reflektor untuk memantulkan cahaya yang mengarah ke atas dan ke bawah, sehingga cahaya hanya mengarah ke produk yang disterilisasi. Reflektor dibuat dari bahan stainless steel mengkilap, berukuran panjang 70 cm dan tinggi 30 cm dan dipasang saling berhadapan, sehingga produk berada di antara reflektor tersebut.

Lampu yang digunakan berjenis lampu TL UV-C tipe TUV 25W 4P-SE, panjang gelombang sinar ultra - violet berkisar 250 – 280 nm, tepatnya 253,7 nm. Spesifikasi lampu UV dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi Lampu UV

No.	Komponen	
1	Cap/base	4 pin single - ended
2	Tube diameter	16 mm
3	Lamp voltage	82 V
4	Lamp current	350 mA
5	Lamp wattage	25 W
6	Intensitas	66 μ W/cm ² pada jarak 1 meter

Jarak antara lampu dan produk dapat diperkecil dengan menggeser ke dua kotak lampu tersebut masing-masing dapat digeser 6 cm mendekati produk. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambar 2.



Gambar 2. Penampang Melintang Kotak Sterilisasi

3. Rangka

Rangka berfungsi sebagai penopang dan tempat dipasangnya kotak sterilisasi dan kotak panel. Rangka ini dibuat dari bahan stainless steel bentuk kotak 4 x 4 cm dan dipasang roda yang dipasang dikempat bagian sudutnya.

4. Kapasitas Alat instalasi teknologi pulsa cahaya ultraviolet (UV)

Kapasitas alat instalasi UV dihitung sebagai *output* per satuan waktu yaitu berat karkas ayam yang disterilisasi per jam atau kemampuan alat sterilisasi dalam menginaktivasi mikroba tertentu persatuan waktu. Laju inaktivasi proses sterilisasi dinyatakan dengan log reduksi, 1 log reduksi artinya membunuh 90 %. Laju sterilisasi atau inaktivasi mikroba berhubungan dengan dosis Ultra Violet (UV). Semakin tinggi laju sterilisasi yang diinginkan dibutuhkan dosis UV yang tinggi pula.

Perhitungan dosis UV yang dipaparkan ke permukaan produk karkas ayam dapat dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Dosis UV} = I \times T$$

Dimana I = Intensitas (mW/cm² atau μ W/cm² per meter)

T = Waktu paparan (detik)

Biasanya satuan dosis menggunakan J/m², mJ/cm², mW·det/cm², μ W·det/cm²

$$10 \text{ J/m}^2 = 1 \text{ mW} \cdot \text{det/cm}^2 = 1 \text{ mJ/cm}^2$$

Nilai 1 mJ/cm² adalah dosis spesifik yang akan mempengaruhi operasi dan keberhasilan sistem UV.

5. Intensitas Sinar UV-C

Lampu UV-C yang digunakan adalah tipe TUV dengan emisi utama pada 253,7 nm mampu inaktivasi mikroba. Jumlah dan ukuran lampu UV dalam kotak lampu dapat dirubah dari buah empat menjadi satu buah. Sedangkan ukuran lampu dapat diganti dengan lampu dengan dimensi yang lebih kecil, misalnya lampu TUV 26W-4P-SE dapat diganti dengan TUV 16W-4P-SE, maka intensitasnya akan berubah 66 μ W/cm² menjadi 23 μ W/cm². Intensitas lampu UV akan mengalami penyusutan dengan umur pemakaian.

6. Luas Paparan UV

Luas paparan yang dapat diberikan oleh lampu UV didekati dengan luas reflektor pada kotak lampu. Ukuran luas paparan oleh lampu UV adalah 30 x 70 cm² = 2100 cm². Ukuran reflektor tidak dapat diubah karena permanen.

7. Jarak Paparan

Ukuran ruang perlakuan adalah 70 x 30 x 40 cm³ dan produk karkas ayam diletakkan ditengah-tengah nya. Jika diasumsikan tebal karkas ayam yang terbesar adalah 20 cm maka jarak paparan antara permukaan karkas ayam dengan lampu UV adalah (40 cm – 20 cm) / 2 = 10 cm. Jarak tersebut adalah jarak rata-rata karena bentuk karkas

alam tidak datar tetapi berlekuk-lekuk. Jadi jarak paparan UV masing-masing adalah 10 cm. Volume ruang perlakuan tidak dapat diisi dengan karkas ayam secara penuh tetapi hanya diisi dengan 3 ekor karkas ayam yang berukuran berat diasumsikan = 3 x 2,5 kg = 7,5 kg. Hal ini dilakukan agar karkas ayam dapat dipapar sinar UV secara merata.

Waktu yang diperlukan pemaparan sinar UV untuk sterilisasi ditentukan oleh jenis mikroba. Berdasarkan data – data tersebut dapat diperoleh spesifikasi alat sterilisasi sistem UV seperti yang terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Spesifikasi Alat Sterilisasi Karkas Ayam Sistem UV

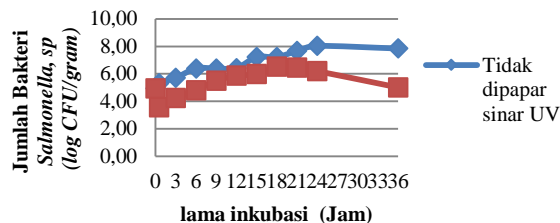
Dimensi Alat	
Panjang p	: 860 mm
Lebar l	: 750 mm
Tinggi t	: 1280 mm
Reflektor	
Tinggi	: 30 cm
Lebar	: 70 cm
Jumlah	: 2 Unit
Luas	: 4200 cm ²
Lampu UV-C	
Tipe	: TUV25W-4P-SE
Intensitas	: 66 (μ W/cm ² per meter)
Jumlah	: 4 buah
Jarak Paparan UV	: 10 cm
Kapasitas Daya Sterilisasi UV-C	
Kapasitas Ruang Perlakuan/Sterilisasi	
Karkas Ayam	: 3 ekor
Berat karkas ayam	: 7,5 kg

B. Penurunan Jumlah Bakteri Salmonella, Sp

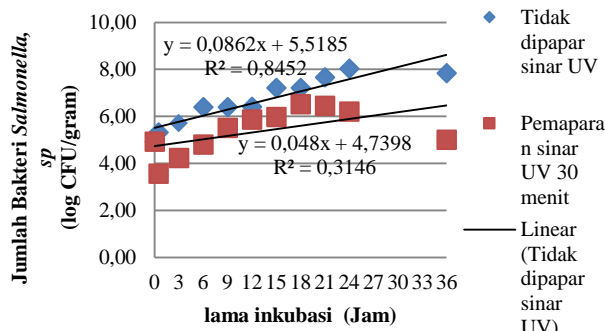
Hasil menginaktivasi bakteri *salmonella, sp* kultur cair yang dipapar sinari UV selama 30 menit menunjukkan adanya penurunan 1 *log cycle* yaitu dari 8,5 x 10⁴ cfu/gram menjadi 3,7 x 10³ cfu/gram. Penurunan jumlah bakteri disebabkan adanya kerusakan pada senyawa sel bakteri oleh sinar ultraviolet sehingga dapat menyebabkan pertumbuhan bakteri kurang baik dan mati. Menurut Bibiana (1992) energi yang diabsorpsi oleh sinar ultraviolet ini akan menyebabkan terjadinya ikatan antara molekul-molekul *timin* yang bersebelahan dan menyebabkan terbentuknya *dimer timin* sehingga fungsi dari asam nukleatnya terganggu dan mengakibatkan kematian bakteri

Kurva pertumbuhan bakteri *salmonella, sp* yang dipapar sinar UV 30 menit selama waktu inkubasi 36 jam menunjukkan jumlah sel lebih rendah dan laju pertumbuhan bakteri lebih lambat yaitu μ = 0,048 log

CFU per jam, dibanding dengan yang tanpa pemaparan sinar UV yaitu $\mu = 0,086 \log \text{CFU per jam}$. Bakteri *salmonella, sp* tanpa paparan sinar UV sampai umur 24 jam masih pertumbuhan yang pesat dan berada dalam fase logaritma, sedangkan yang dipaparkan sinar UV selama 30 menit setelah 18 jam menunjukkan pertumbuhan tetap atau pada fase stasioner dan setelah 24 jam menuju fase kematian. Adanya sterilisasi non thermal dengan sinar UV mampu memperpendek fase-fase pertumbuhan bakteri *salmonella, sp* ini dikarenakan karena bakteri yang terpapar sinar UV akan merusak DNA bakteri dan menyebabkan pertumbuhan terhambat dan mati. Kurva dan laju pertumbuhan bakteri *salmonella, sp* dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Kurva Pertumbuhan Bakteri *Salmonella, sp*



Gambar 4. Laju Pertumbuhan Bakteri *salmonella, sp*

BAB VI. PENUTUP

Simpulan

Alat instalasi teknologi pulsa cahaya ultraviolet (UV) untuk karkas ayam mempunyai spesifikasi dimensi panjang 860 mm, lebar, 750 mm dan tinggi 1280 mm, 2 buah reflektor panjang 30 cm, lebar 70 cm, dengan luasan 4200 cm², 4 buah lampu UV C tipe TUV25 W-4P-SE, dengan intensitas 66 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ per meter, kapasitas daya sterilisasi 5,744 Watt dan kapasitas ruang sterilisasi 3 ekor karkas ayam dengan berat sekitar 7,5 kg.

Alat instalasi teknologi pulsa cahaya ultraviolet (UV) untuk karkas ayam mampu menurunkan laju pertumbuhan bakteri *salmonella, sp* sebesar $\mu = 0,086 \log \text{CFU per jam}$, menurunkan jumlah bakteri *Salmonella, Sp*

dalam kultur cair 1 log cycle dan karkas ayam sebesar 2 log cycle.

Saran

Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengetahui optimasi dekontaminasi instalasi Sterilisasi sinar UV terhadap *Salmonella Sp* dan mengetahui efeknya terhadap kualitas fisik, kimia dan mikrobiologi karkas ayam serta daya simpannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC]. 2000. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 19th Edition. 5th Revision. Volume II. Published by AOAC International Suite 500. USA.
- Atilgan MR. 2007. *Disinfection of liquid egg products by using UV light*. Tesis. Turkiye: Izmir Institute of Technology.
- Bialka, K.L. A. Demirci. 2008. Efficacy of pulsed UV-light for the decontamination of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. on raspberries and strawberries. *J. Food Sci.* 73(5): M201-M207.
- Binstsis T, Litopoulou-Tzanetaki E dan Robinson R. 2000. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry a critical review. *J. Sci Food and Agric.* 80:637–645.
- [BPS] 2010. *Statistik Indonesia. Statistical Yearbook of Indonesia*. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. Jakarta
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1995. Standar Nasional Indonesia Nomor 01-3924-1995. Karkas Ayam Pekarkas. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Chiu K, Lyn DA, Savoye P, Blatchley ER. 1999. Effect of UV system modification on disinfection performance. *J Environ Eng.* 125: 7–16.
- Collins HF, Selleck RE. 1972. Process kinetics of wastewater chlorination. SERL Report. Berkeley: Univ of California. 72–75.
- Dell-Portillo, F. G. 2000. Molecular and Cellular Biology of *Salmonella* Pathogenesis. Di dalam: Cary, J. W., Linz, J. E. dan Bhatanagar, D. 2000. Microbial Foodborne Disease: Mechanisms of Pathogenesis and Toxin Synthesis. Cancaster: Techonomic Publishing Company, Inc.
- Dunn JE. 1996. Pulsed light and pulsed electric field for foods and eggs. *Poultry Sci.* 75:1133-1136.
- FAO. 2008. Food Outlook - Global Market Analysis (November 2008). Meat and Meat Products: Poultry Meat. P.47. Available



- at:ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i474e/ai474e00.pdf. Accessed 09 June 2009
- Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pangan I*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gomes, C., P.F. Da Silva, M.E. Castell-Perez, and R.G. Moreira. 2006. Quality and microbial population of Cornish game hen carcasses as affected by electron beam irradiation. *J. Food Sci.* 71(7): E327-E336.
- Gracey, J. F. 1986. *Meat Hygiene*. London: Billiere Tindall.
- Hans DE *et al.* 2002. Inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts in fresh apple cider using ultraviolet irradiation. *J. Appl Environ Microbiol.* 68: 4168–4172
- Harm W. 1980. *Biological Effects of Ultraviolet Radiation*. Cambridge. UK: Cambridge Univ Pr.
- Hecer, C., F. Balci, and C.D. Udum. 2007. The effects of ozone and chlorine applications on microbiological quality of chickens during processing. *J. Biol. Environ. Sci.* 1(3): 131-138.
- Heyes, P.R. 1996. *Food Microbiology and Hygiene*. 2nd Edition. London. Chapman and Hall
- Hilton, J.A dan Ingram, K.D. 2000. Use oleic acid to reduce the population of bacteria flora of poultry skin. *J Food Protect.* 63:1282-1286
- [ISO] 6579: 2002. Standard Method for Detection of *Salmonella* spp.
- James, W.O., Brewer, R.L., Prucha, J.C, Williams, W.O, Christensen, W.A., Thaller, A.M., Hogue, A.T. 1992. Effect of chlorination of chill water on the bacteriologic profile of raw chicken carcasses and giblets. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 200, 60-63
- Keener, K.M., M.P. Bashor, P.A. Curtis, B.W. Sheldon, and S. Kathariou. 2004. Comprehensive review of *Campylobacter* and poultry processing. *IFT Comp. Rev. Food Sci. Food Safety.* 3: 105-116.
- Keklik, N. M., A. Demirci, and V. M. Puri. 2008. Decontamination of unpackaged and vacuum packaged boneless chicken breast with pulsed UV-light. ASABE Meeting Paper No. 083564. Providence, Rhode Island: ASABE.
- Koutchma TN, Larry JF, Carmen IM. 2009. *Ultraviolet Light In Food Technology: Principles and Application*. CRC Press. Boca Raton USA.
- Kowalski WJ. 2001. *Design and optimization of UVGI air disinfection system*. Thesis. Pennsylvania State University.
- Krishnamurthy, K., J.C. Tewari, J. Irudayaraj, and A. Demirci. 2007. Microscopic and spectroscopic evaluation of inactivation of *Staphylococcus aureus* by pulsed UV-light and infrared heating. *J. Food Bioprocess Technol.* (Available online). DOI 0.1007/s11947-008-0084-8.
- Miller, R.V., W. Jeffrey, D. Mitchell, and M. Elasri. 1999. Bacterial responses to ultraviolet light. *ASM News.* 65(8): 535-541.
- Oms-Oliu, G. and O. Martin-Belloso. 2008. Pulsed light treatments for food preservation. A review. *J. Food Bioprocess Technol.* DOI 10.1007/s11947-008-0147-x.
- Severin BF, Suidan MT, Engelbrecht RS. 1983. Kinetic modeling of UV disinfection of water. *J Water Res.* 17: 1669–1678.
- Shama G. 1992. Ultraviolet irradiation apparatus for disinfecting liquids of high ultraviolet absorptivities. *J. Lett Appl Microbiol.* 15: 69–72.
- Siragusa, G.R. 1995. The Effectiveness of carcasses decontamination system for controlling the presence of pathogens on the surface meat animal carcasses. *J. Food Safety.* 15:229-238.
- Smith, K.E., C. Medus, S.D. Meyer, D.J. Boxrud, F. Leano, C.W. Hedberg, K. Elfering, C. Braymen, J.B. Bender, and R.N. Danila. 2008. Outbreaks of salmonellosis in Minnesota (1998 through 2006) associated with frozen, microwaveable, breaded, stuffed chicken products. *J. Food Prot.* 71(10): 2153-2160.
- [SNI] 01-6366-2000. Batas maksimum cemaran mikroba dan batas maksimum residu dalam bahan makanan asal hewan. Standar Nasional Indonesia. Jakarta.
- Sylviana. 2008. *Prevalensi Cemaran Salmonella Typhimurium pada Potongan Karkas Ayam dan Efektivitas Ekstrak Daun Sirih (Piper betle, Linn.) sebagai Larutan Sanitaiser Alami*. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [WHO] World Health Organization Expert Commite. 1998. *Salmonellosis Control: The Role of Animal and Product Hygeins*. Geneva. World Health Organization.
- Wright HB. 2000. Comparison and validation of UV dose calculations for low and medium pressure



mercury arc lamps. *J. Water Environ Res.* 72: 439.

Xenon 2008. Pulsed UV Treatment for Sanitation and Sterilization. Chapter 4: Pulsed UV Technology. Wilmington, MA.: Xenon corporation. Available at: <http://www.Xenoncorp.com/Literature/PDF/BrochureSteri.pdf>. Accessed 10 June 2009.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih Kepada Dirjen DIKT, Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan tinggi, dan Politeknik Negeri Jember yang telah memberikan dana dan kesempatan untuk melakukan penelitian